

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-266854
 (43)Date of publication of application : 22.09.1994

(51)Int.Cl.

G06F 15/72

BEST AVAILABLE COPY

(21)Application number : 05-081263

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 15.03.1993

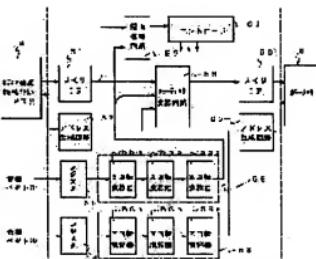
(72)Inventor : SHIRAISHI NAOHITO
 FUJII TATSUYA
 FUKUSHIMA MASANOBU
 NAKAJIMA TATSUYA
 IZAWA YASUHIRO

(54) SHADING PROCESSING METHOD, ITS DEVICE AND STEREOSCOPIC IMAGE DISPLAY DEVICE USING THE DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a device capable of executing real time shading processing by simple constitution.

CONSTITUTION: This device is provided with a vector rotating circuit 56 for correcting the rotation of a light source vector directed to a solid in the reverse direction to the three-dimensional (3-D) rotating operation of solid data, a vector rotating circuit 55 for correcting the rotation of a visual line vector directed to the solid in the reverse direction to the 3-D rotating operation of the solid data and a shading operation circuit 58 for calculating a shading value to be added to a solid image in accordance with a normal vector group and an inner product between the rotation-corrected light source vector and visual line vector.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3233376

[Date of registration] 21.09.2001

[Number of appeal against examiner's decision of

[rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-266854

(43)公開日 平成6年(1994)9月22日

(51)Int.Cl.⁵
G 0 6 F 15/72

識別記号
4 6 5

序内整理番号
9192-5L

F I

技術表示箇所

(21)出願番号 特願平5-81263
(22)出願日 平成5年(1993)3月15日

審査請求 未請求 請求項の数4 FD (全12頁)

(71)出願人 000006747
株式会社リコー
東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(72)発明者 白石 尚人
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内
(72)発明者 藤井 達也
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内
(72)発明者 福島 正展
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内
(74)代理人 弁理士 烏居 洋

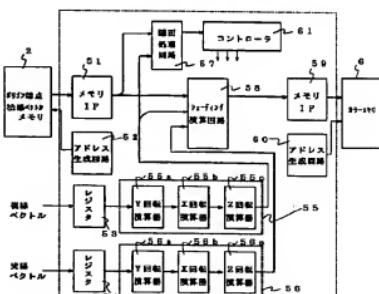
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 シューディング処理方法及びその装置並びにそれを用いた立体画像表示装置

(57)【要約】

【目的】 この発明は、簡単な構成でシェーディングのリアルタイム処理が行なえる装置を提供すること目的とする。

【構成】 この発明は、立体に向かう光源ベクトルに対し、立体データの3次元の回転操作とは逆方向の回転補正を行なうベクトル回転回路56と、立体に向かう視線ベクトルに対し、立体データの3次元の回転操作とは逆方向の回転補正を行なうベクトル回転回路55と、法線ベクトル群と回転補正された光源ベクトルと視線ベクトルとの内積に応じて立体画像に付加する陰影値を算出するシェーディング演算回路58と、を備えてなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 立体画像を得る立体データ及び立体の表面の法線ベクトル群を生成する手段と、この立体データに対し3次元の回転操作を行なう手段と、上記立体に向かう光源ベクトルに対し、上記回転操作とは逆方向の回転補正を行なう手段と、上記立体に向かう視線ベクトルに対し、上記回転操作とは逆方向の回転補正を行なう手段と、上記法線ベクトル群と回転補正された光源ベクトルと視線ベクトルとの内積に応じて上記立体画像に陰影を付加する陰影付加手段と、を備えてなるシェーディング処理装置。

【請求項2】 前記陰影付加手段は、面方向に反射する環境光を演算する手段と、面方向に反射する環境光を演算する手段と、を備え、上記両環境光及び上記法線ベクトル群と回転補正された光源ベクトルと視線ベクトルに基づいて、画像に陰影を付加することを特徴とする請求項1に記載のシェーディング処理装置。

【請求項3】 立体に向かう光源ベクトル及び視線ベクトルに対し、立体データの3次元の回転操作とは逆方向の回転補正を行なうとともに、回転補正された視線ベクトルとポリゴン面法線を内積し、ポリゴンの表裏を判断し、表のポリゴンに対し、立体の表面の法線ベクトル群と回転補正された光源ベクトルと視線ベクトルとの内積に応じて立体画像に陰影を付加することを特徴とするシェーディング処理方法。

【請求項4】 ポリゴン情報を格納するポリゴン端点メモリと、立体の表面の法線ベクトル群を格納する法線ベクトルメモリと、ポリゴン端点メモリからの端点値を幾*

$$I = I_{amb} + \sum_i (I_{pi} Kd(\vec{N} \cdot \vec{L}_i) + I_{pi} Ks(\vec{E} \cdot \vec{R}_i)^h) \alpha_i$$

ここで、

I : 視線方向の光の強さ、 I_{amb} : 環境光、

I_{pi} : 光源 i の光の強さ、 Kd : 拡散反射係数、 Ks : 鏡面反射係数、

\vec{N} : 物体の法線ベクトル、

\vec{L}_i : 光源 i の光線ベクトル、

\vec{E} : 視線ベクトル、

\vec{R}_i : 反射光ベクトル である。

【0006】 また、鏡面反射を無視したシェーディング手法として、下記数2式に基づいて、図15に示すベクトル関数に従い光の強さを算出するランバート (Lambert) シェーディング手法がある。

【0007】
【数2】

* 何変換する幾何変換装置と、光源ベクトル並びに視線ベクトルに対し、立体データの3次元の回転操作とは逆方向の回転補正を行なうとともに、法線ベクトル群と回転補正された光源ベクトルと視線ベクトルとの内積に応じて立体画像に付加する陰影値を算出するシェーディング装置と、幾何変換装置からのスクリーン座標とシェーディング装置からの陰影情報に基づき表示装置に表示される描画情報を作成する描画装置と、を備えてなる立体画像表示装置。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、立体を表現した3次元画像に陰影を付加し、立体の把握を容易にするシェーディング処理方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 CRTディスプレイ等の2次元(平面)表示装置に3次元立体图形を透視変換処理、遠近処理等によって表示する場合に、表示された物体に自然な感じを与えるため光反射モデルに基づいて、陰影、すなわちシェーディング処理が行なわれている。

【0003】 このシェーディングの手法としては、ビ・トウイング・フォンク (Bit·To·Tough·Phong) のフォングシェーディングなどが知られている。

【0004】 このフォングシェーディングは、次の数1式に基いて、図14に示すベクトルの関数に従い視線方向の光の強さを算出するものである。

【0005】

【数1】

20

$$I = \sum_i (I_{pi} Kd(\vec{N} \cdot \vec{L}_i))$$

ここで、

I_{pi} : 光源 i の光の強さ、 Kd : 拡散反射係数、

\vec{N} : 物体の法線ベクトル、

\vec{L}_i : 光源 i の光線ベクトル、

\vec{E} : 視線ベクトル、

\vec{R}_i : 反射光ベクトル である。

40

$$I = \sum_i (I_{pi} Kd(\vec{N} \cdot \vec{L}_i))$$

ここで、

I_{pi} : 光源 i の光の強さ、

\vec{N} : 物体の法線ベクトル、

\vec{L}_i : 光源 i の光線ベクトル、

である。

【0008】 このアルゴリズムを適用する時には、光線ベクトル、面法線ベクトルを随時算出する必要があり、極めて高速に動作する大規模な専用ハードウェアを必要

50 とする。

【0009】簡単な回路でランパートシェーディング手法を実現する装置が特開平2-51789号公報(国際特許分類G 06 F 15/72)に提案されている。

【0010】この装置は、物体の面法線をまず算出し、その後、物体の回転の逆回転を光線ベクトルにだけ行い、上記モデルによって陰影を付加するので、物体の回転に伴って法線ベクトルの再計算を行なう必要がなく、簡単な回路で高速動作を実現しようとするものである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記装置は、ランパートモデルのように物体の面法線と光線ベクトルだけの関係にのみ成立し、フォンダムモデルのように鏡面反射を考慮すると、視線ベクトルと反射ベクトルも考慮しなければならずリアルな画像を表現する場合には適用することができない。

【0012】このため、従来は光線方向、視線方向の変更をリアルタイムに行なうゲーム機器やライトショーラーティ、ドライバーシミュレータ等のように使用者のハンドル操作をリアルタイムに伝えられるシステムにおいては遅れを伴うという問題があった。

【0013】一方、フォンダムモデルは局所照明モデルであるため、光線ベクトルとは全く反対の方向からその物体を見たとき、その物体の面(ポリゴン面)は光線ベクトルとは反対の方向を向いているため、拡散反射光、鏡面反射光とも"0"となり、すべての面が環境光の光しか示さなくなり、すべて同じ色もしくは同じ輝度しか持たずリアル感が損なわれるという問題があった。

【0014】また、大域照明モデルであるレイトレーシング等では全ての反射光について計算を行うため、1次の光線が視線ベクトルと反対方向でも数次の反射光によりそれぞの面に輝度が与えられ、全て同じ輝度を示すという上述した問題は発生しないが、多くの計算が必要とする問題があった。

【0015】この発明は、上述した従来の問題点を解消するためになされたものにして、簡単な構成でシェーディングのリアルタイム処理が行なえる方法を提供することを第1の目的とする。

【0016】更に、この発明は、光線方向と反対方向の面に対しても、簡単な構成でシェーディングのリアルタイム処理が行なえる方法を提供することを第2の目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】この発明の第1の発明は、第1の目的を達成するために、立体画像を得る立体データ及び立体の表面の法線ベクトル群を生成する手段と、この立体データに対し3次元の回転操作を行なう手段と、上記立体に向かう光線ベクトルに対し、上記回転操作とは逆方向の回転補正を行なう手段と、上記立体に向かう視線ベクトルに対し、上記回転操作とは逆方向の回転補正を行なう手段と、上記法線ベクトル群と回転補

正された光線ベクトルと視線ベクトルとの内積に応じて上記立体画像に陰影を付加する陰影付加手段と、を備えてなる。

【0018】さらに、この発明の第2の発明は、第2の目的を達成するために、前記陰影付加手段は、面方向に反射する環境光を演算する手段と、面方向以外に反射する環境光を演算する手段と、を備え、上記両環境光及び上記法線ベクトル群と回転補正された光線ベクトルと視線ベクトルに基づいて、画像に陰影を付加することを特徴とする。

【0019】

【作用】この発明は、物体の回転に伴って法線ベクトルの再計算などをこなす必要がなくなり、シェーディング処理演算をROMなどに格納することが可能となるので、幾何変換処理部と並列にシェーディング処理ができる応答性がきわめて良好になる。

【0020】また、この発明の第2の発明によれば、光線方向と反対方向の面に対しもそれぞれの輝度が与えられリアルなシェーディングを高速に行える。

【0021】

【実施例】以下、この発明の一実施例につき図面を参照して説明する。

【0022】図1は、この発明のシェーディング装置を用いた立体画像表示装置のブロック図である。

【0023】この装置は、例えば、レーシングゲームや飛行機の操縦シミュレーションなどのゲーム機器に用いて好適な一例が示されている。図1に従いこの発明のシェーディング装置を用いた立体画像表示装置の全体構成につき説明する。

【0024】この実施例においては、各種条件のシミュレーション画像を複数のポリゴン情報として、ポリゴン端点メモリ1にX、Y、Z座標値として与えられる。

【0025】また、各ポリゴン端点の法線ベクトル値(NX, NY, NZ)はポリゴン端点法線ベクトルメモリ2に格納されている。このベクトルメモリ2には、更に各ポリゴンのレッドの拡散反射係数(RKd)、グリーンの拡散反射係数(GKd)、ブルーの拡散反射係数(BKd)と各ポリゴンのレッドの鏡面反射係数(RKs)、グリーンの鏡面反射係数(GKs)、ブルーの鏡面反射係数(BKs)及びレッドの環境光値(Ambient)、グリーンの環境光値(Gambient)、ブルーの環境光値(Bambient)を格納している。これら各データはこの発明の特徴とするところのシェーディング装置5に与えられる。

【0026】CPUはあらゆる立体物(オブジェクト)を複数のポリゴンの集合体として表現し、このポリゴンの各端点を示す端点情報を読み出し、ハンドルアクセサ等で構成された操作部(図示しない)の操作内容に基づいて変換された電気信号に従いこの状況に応じた状況データを演算し、幾何変換装置3及びシェーディング装置

5に未タデータを与える

【0027】幾何変換装置3は、CPUからの命令に従い各種ポリゴンデータを参照しながら、ポリゴン端点メモリ1からデータを読み出し、ポリゴンの端点の値を視線方向に回転する視野変換、透視投影変換により各ポリゴンの端点座標を幾何変換し、そのX、Yの2次元座標(SX, SY)をスクリーンメモリ4に与える。また、ポリゴン中心の視野変換された代表値即ち、そのポリゴンの視点からの距離の代表値(Z値)を決定し、そのデータをスクリーンメモリ4に与える。

【0028】シェーディング装置5は、ベクトルメモリ2より読み出したポリゴン端点の法線ベクトル値に対してシェーディング演算を行い、ポリゴン端点の色を算出し、このポリゴン端点の色をポリゴン端点カラーメモリ6に与える。このシェーディング装置5の詳細については後述する。

【0029】描画処理装置7はスクリーン画面のY方向に分割された処理領域に含まれるポリゴンに対してスクリーンメモリ4及びカラーメモリ6より端点情報読み出してCRT9が必要とするスキャンラインにかかるポリゴンをビットマップ上に描画し、そのデータをフレームメモリ8に与える。

【0030】次に、この発明の実施例におけるシェーディング装置5につき図2を参照して更に説明する。

【0031】シェーディング装置5は、ベクトルメモリ2から、法線ベクトル値、拡散反射係数、鏡面反射係数、環境光値を夫々読み出し、読み出された各データはメモリインターフェース5 1に一旦格納される。ベクトルメモリ2のアクセスは、アドレス生成回路5 2によって生成されたアドレスによって行なわれ、メモリより夫々データが読み出される。

【0032】メモリインターフェース 51 に格納されたデータは、隠面処理装置 57 及びシェーディング演算回路 58 にそれぞれ与えられ、隠面処理装置 57 にてポリゴン面法線ベクトルとベクトル回転回路 55 にて回転演算処理された視線ベクトルとの内積に基づいてそのポリゴンが可視か不可視、すなわち表に現れるポリゴンか裏に隠れるポリゴンかを判定し、その結果をコントローラ 61 に付出する。コントローラ 61 は可視ポリゴンに対してのみフォンゴモデルに基づくシェーディング演算処理を行を行うように、シェーディング演算回路 58 を制御する。この隠面処理回路 57 の構成例を図 4 に示し、詳細については後述する。

【0033】立体物体（オブジェクト）が例えば時計回りに6だけ回転させたとき、オブジェクトのある点の法線ベクトルは $n = n'$ の位置に移動するに対し、規線ベクトル、光線ベクトルは移動しない。このため規線ベクトル、光線ベクトルとで新たなシェーディング係数の計算を行う必要がある。この時、法線ベクトルは計算するだけで、この回転移動した法線ベクトルを油算する

とした場合、大規模な回路が必要となる。ところが、光線ベクトル及び視線ベクトルを反時計回りに -90° だけ回転させたベクトルとオブジェクト回転前の法線ベクトルとで求めたシェーディング係数が法線ベクトルを回転演算させ視線ベクトル及び光線ベクトルと算出したシェーディング係数と同じになる。このため、この発明では法線ベクトルに回転処理演算を行うのではなく視線ベクトル及び光線ベクトルに逆回転処理演算を行いシェーディング係数を求めるように構成している。

10 【0 0 3 4】CPUよりオブジェクトの回転角度(Xθ、Yθ、Zθ)が入力されると、視線ベクトルはベクトル回転回路5にてX、Y、Z方向に(Xθ、Yθ、Zθ)だけ逆回転処理が行われる。すなわち、視線ベクトルはレジスタ53に一旦格納され、ベクトル回転回路5のY回転演算器55aにて、Y方向にYθ逆回転演算が行われ、X回転演算器55bに送られる。X回転演算器55bはX方向にXθ逆回転演算を行い、Z回転演算器55cにそのデータを送る。Z回転演算器55cはZ方向にZθ逆回転演算を行い、その演算結果をシェーディング演算回路58及び隠面処理回路57にそれぞれ与える。

〔0035〕また、光線ベクトルは、ベクトル回転演算器56にてX、Y、Z方向に(Xθ、Yθ、Zθ)だけ逆回転処理が行われる。すなわち、光線ベクトルはレジスタ53に一旦格納され、ベクトル回転演算器56のY回転演算器56 aにて、Y方向にYθ逆回転演算が行われ、X回転演算器56 bに送られる。X回転演算器56 bはX方向にXθ逆回転演算を行い、Y回転演算器56 cにそのデータを送る。Z回転演算器56 cはZ方向にZθ逆回転演算を行い、その演算結果をシェーディング演算器回路58に与える。これら回転演算器は図5に示すように構成され、各X、Y、Zにおける各ベクトルの座標係数(A、B)に対して $\sin \theta$ 、 $\cos \theta$ の乗算を行ない、それぞれその乗算結果の差分をとり、θの逆回転演算を行なう。

【0036】そして、ベクトル回転回路5の処理結果と、ベクトル回転回路5の処理結果がシェーディング演算器58に与えられる。シェーディング演算器58は、両処理結果とベクトルメモリ2からのR、G、Bの拡散反射係数、鏡面反射係数、環境光値とにより、色値を求める演算を行ない、この算出した色値をメモリインターフェース59に出力する。シェーディング演算器58の構成例を図31に示す。図31に示すように、

【0037】メモリインターフェース59に格納された色値、アドレス生成回路60にて生成されたアドレス値にて指定されたポリゴン端点カラーメモリ6の領域に格納される。

【0038】この発明の隠面処理回路57について、図4に従い説明する。この隠面処理回路57はポリゴン面50の法線ベクトル(P_x, P_y, P_z)を変換された複数の

クトル (EX, EY, EZ) の内積をとり、その正、負をコントローラ 6 1 に知らせるものである。すなわち、それぞれ 3 つの乗算器 5 7 1、5 7 2、5 7 3 の一方の入力に法線ベクトル (PX, PY, PZ) データが、また乗算器 5 7 1、5 7 2、5 7 3 の他方の入力に変換された視線ベクトル (EX, EY, EZ) データが与えられ、各乗算器で演算され、その演算結果が加算器 5 7 4 に与えられる。この加算器 5 7 4 にて各乗算器の演算結果が加算され、正、負の出力がなされる。この加算器 5 7 4 からの出力が正の場合には、ポリゴン面は表を向いており、また、負の場合には裏を向いていると判断される。

【0039】次に、図 3 に基づきシェーディング演算回路 5 8 の構成につき説明する。この図 3においては、輝度値のみを求めており、フォンクモデルのシェーディングアルゴリズムをハードウェア化したものである。例えば、色値を求める場合には、R, G, B それぞれの拡散反射係数 Kd と鏡面反射係数 Ks と環境光強度 AMB と光源強度 L1 を持ち、内積値 (INNNER) に対して R, G, B それぞれの拡散反射係数 Kd を乗算し、R, G, B の拡散反射光強度を求める。そして、第 2 の内積値 (INNNER R2) に対して R, G, B それぞれの鏡面反射係数 Ks を乗算し、R, G, B ごとに光の強度を求めるように構成される。

【0040】これら各演算器はコントローラ 6 1 により制御され、コントローラ 6 1 は図 6 に示すフローチャートに従って動作する。

【0041】次に、この発明の第 1 実施例の動作を図 6 のフローチャートに基づいて、更に説明する。

【0042】シェーディング動作を開始すると、まず、オブジェクトの回転角度 Xθ, Yθ, Zθ が CPU により入力される (ステップ S1)。そして、ベクトル回転回路 5 6 にて光線ベクトル (LX, LY, LZ) をオブジェクトの回転角度 Xθ, Yθ, Zθ だけ逆回転させる (ステップ S2)。続いて、ベクトル回転回路 5 5 にて視線ベクトル (EX, EY, EZ) をオブジェクトの回転角度 Xθ, Yθ, Zθ だけ逆回転させる (ステップ S3)。

【0043】そして、ベクトルメモリ 2 によりポリゴン面法線ベクトル (PX, PY, PZ) が読み出された後 (ステップ S4)、R, G, B の拡散反射係数 (RKd, GKd, BKd) 及び鏡面反射係数 (RKs, GKh, BKh) が読み出され (ステップ S5)、ステップ S 6 へ進む。

【0044】ステップ S 6 では、隠面処理回路 5 7 にて、ポリゴン面法線ベクトル (PX, PY, PZ) と変換された視線ベクトル (EX, EY, EZ) との内積がとられる。この内積値 (INNNER) が正か負かが判断され (ステップ S7)、内積値 (INNNER) が負の場合には、そのポリゴンは裏を向いているため、表側か

らは見えないのでステップ S 4 に戻る。正の場合には、可視ポリゴン面としてステップ S 8 に進む。

【0045】ステップ S 8 において、ポリゴン端点法線ベクトル (NX, NY, NZ) をベクトルメモリ 2 より読み出し、シェーディング演算回路 5 8 にて法線ベクトル (NX, NY, NZ) と逆回転演算された視線ベクトル (EX, EY, EZ) とのとの内積がとられる (ステップ S9)。この内積値 (INNNER) と拡散反射係数 Kd を乗算し、R, G, B の拡散反射強度 (D1F) を算出する (ステップ S10)。

【0046】続いて、ステップ S 11 にて、反射光のベクトルを求め、ステップ S 12 にて視線ベクトルと反射光ベクトルとの内積を求める。この第 2 内積値 (INNNER 2) と鏡面反射強度 Ks を乗算し R, G, B の鏡面反射強度を算出する (ステップ S13)。

【0047】続いて、ステップ S 14 において、光線強度 L1 に拡散反射強度と鏡面反射強度を加えたものを乗算し、この値に環境強度を加算して、輝度値 (I) を算出する。

【0048】そして、ステップ S 15 にて、輝度値をカラーメモリ 6 に書き込み、ステップ S 16 にて、ポリゴンの全てのポリゴン端点の処理が終了したか否か判断され、処理していない場合には、前述のステップ S 8 に戻り、前述の動作を繰り返す。また、処理が終了すると、ステップ S 17 に進み、ステップ S 17 にて、全てのポリゴンの処理が終了したか否か判断され、処理が終了していない場合には、ステップ S 4 に戻り、前述の動作を繰り返す。ステップ S 18 にて、オブジェクト中のポリゴン全てに対して、処理が終了したか否か判断され、処理していない場合には、前述のステップ S 1 に戻り、前述の動作を繰り返す。また、処理が終了すると、処理が終了したと判断されると、このシェーディング処理が終了する。

【0049】上述した第 1 の実施例は、フォンクモデルに基づいてシェーディングのリアルタイム処理を実現しているが、フォンクモデルは、局所照明モデルであるため、光線ベクトルとは全く反対の方向からその物体を見たとき、その物体の面 (ポリゴン面) は光線ベクトルとは反対の方向を向いているため、拡散反射光、鏡面反射光とも "0" となり、すべての面が環境光の光しか示さなくなり、すべて同じ色もしくは同じ輝度しか持たずリアル感が損なわれる。第 2 の実施例は全ての反射光を考慮してリアル感のあるシェーディング処理を施す装置を提供するものである。

【0050】この第 2 実施例と第 1 実施例と相違するところはシェーディング演算回路の構成であり、その他の部分は第 1 実施例と同様であるので、説明の重複を避けるために同一部分については説明を省略し、シェーディング演算回路部分を中心にして説明する。

【0051】上述した実施例と同様に、ベクトル回転回

路5 5の処理結果と、ベクトル回転路5 6の処理結果がシェーディング演算器5 8に与えられる。シェーディング演算器5 8は、両処理結果とベクトルメモリ2からのR, G, Bの拡散反射係数、鏡面反射係数、環境光値とにより、色値を求める演算を行ない、この算出した色値をメモリインターフェース5 9に出力する。この実施例におけるシェーディング演算器5 8は図7に示すように、拡散反射光演算装置5 8 1と鏡面反射光演算装置5 8 2と環境反射光演算装置5 8 3とを備え、各演算装置*

$$I = (I_{pi}K_a(\vec{N} \cdot \vec{E})I_{amb}) + \sum_i (I_{pi}K_d(\vec{N} \cdot \vec{Li}) + I_{pi}K_s(\vec{E} \cdot \vec{R}))n_{\alpha i}$$

ここで、 I : 視線方向の光の強さ

I_{amb} : 面方向以外に反射する環境光

I_{ai} : 面方向に反射する環境光の強さ

K_a : 面方向に反射する環境反射係数

I_{pi} : 光源の光の強さ

\vec{N} : 物体の法線ベクトル

\vec{L} : 光源_iの光線ベクトル

\vec{E} : 視線ベクトル

\vec{R} : 反射光ベクトル である。

【0053】拡散反射光演算装置5 8 1は、上記式3の第2項に相当する演算を行うもので、図8に示すようにハードウェア化される。この図8の回路で、法線ベクトル(N_x, N_y, N_z)と逆回転演算された視線ベクトル(E_x, E_y, E_z)との内積がとられ、この内積値($INNNR$)と拡散反射係数 K_d を乗算される。この乗算値と光線強度 L_1 とを乗算し、拡散反射強度(DIF)を算出する。

【0054】鏡面反射光演算装置5 8 2は、上記式3の第3項に相当する演算を行うもので、図9に示すようにハードウェア化される。この図9の回路で、法線ベクトル(N_x, N_y, N_z)と逆回転された光線ベクトル(L_x, L_y, L_z)との内積により反射光のベクトルを求め、この反射光ベクトルと視線ベクトル(E_x, E_y, E_z)との内積を求める。この第2内積値($INNERNR$ 2)と鏡面反射強度 K_s を乗算し、鏡面反射強度(SPEC)を算出する。

【0055】環境反射光演算装置5 8 3は上記式3の第1項に相当する演算を行うもので、図10に示すように、面方向に反射する環境反射光演算装置5 8 3 aと面方向に以外に反射する環境反射光演算装置5 8 3 bと備え、両演算装置の処理結果を加算器5 8 3 cにて加算することにより算出される。

【0056】面方向に反射する環境反射光演算装置5 8 3 aは、図11に示すように、ハードウェア化され、法線ベクトル(N_x, N_y, N_z)と逆回転演算された視線ベクトル(E_x, E_y, E_z)との内積がとられ、この第3内積値($INNNER$ 3)と環境反射係数 K_a が乗算される。この乗算値と第2光線強度 L_2 とを乗算

*の演算結果が加算器5 8 4にて加算され、輝度値が算出され、その輝度値をレジスタ5 8 5に格納するように構成されている。すなわち、この第2実施例におけるシェーディング演算回路5 8により、フォンガーモデル基づいて、環境光に対してポリゴン面法線方向に反射する光と面方向以外に反射する光を考慮したシェーディング処理を以下の式3に従い行われる。

【0052】

【3】

し、第1の環境反射強度(ANB 1)を算出する。

【0057】面方向以外に反射する環境反射光演算装置5 8 3 bは、図12に示すように、ハードウェア化され、第2光線強度 L_2 と環境光(I amb)とを加算することにより、第2の環境反射強度(ANB 2)が算出される。

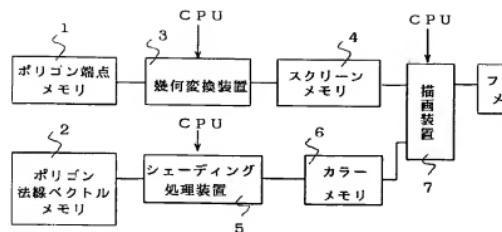
【0058】次に、この第2実施例の動作を図13のフローチャートに基づいて、更に説明する。

【0059】シェーディング動作を開始すると、まず、オブジェクトの回転角度 $X \theta, Y \theta, Z \theta$ がCPUより入力される(ステップS 2 1)。そして、ベクトル回転回路5 6にて光線ベクトル(L_x, L_y, L_z)をオブジェクトの回転角度 $X \theta, Y \theta, Z \theta$ だけ逆回転させる(ステップS 2 2)。続いて、ベクトル回転回路5 5にて視線ベクトル(E_x, E_y, E_z)をオブジェクトの回転角度 $X \theta, Y \theta, Z \theta$ だけ逆回転させる(ステップS 2 3)。

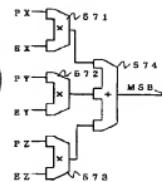
【0060】そして、ベクトルメモリ2よりポリゴン面法線ベクトル(P_x, P_y, P_z)が読み出された後(ステップS 2 4)、R, G, Bの拡散反射係数($R K_d, G K_d, B K_d$)、鏡面反射係数($R K_s, G K_s, B K_s$)及び環境反射係数($R K_a, G K_a, B K_a$)が読み出され(ステップS 2 5)、ステップS 2 6へ進む。

【0061】ステップS 2 6では、隣面処理回路5 7にて、ポリゴン面法線ベクトル(P_x, P_y, P_z)と変換された視線ベクトル(E_x, E_y, E_z)との内積がとられる。この内積値($INNNER$)が正か負か判断され(ステップS 2 7)、内積値($INNNER$)が負

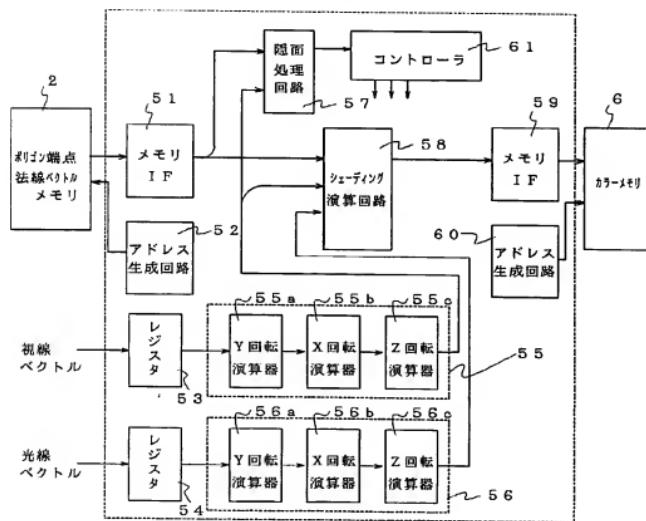
【図1】



【図4】



【図2】



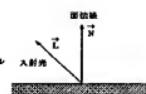
【図12】



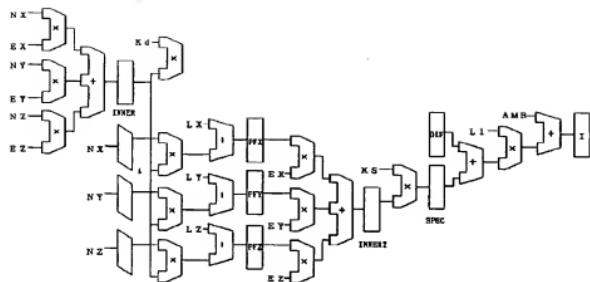
【図14】



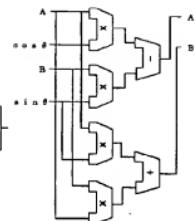
【図15】



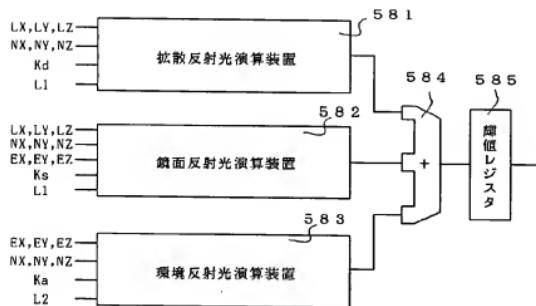
【図3】



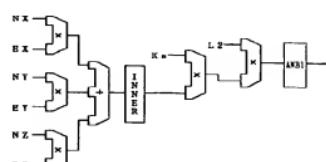
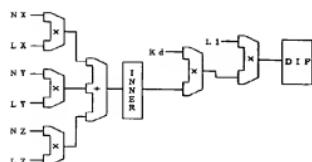
【図5】



【図7】

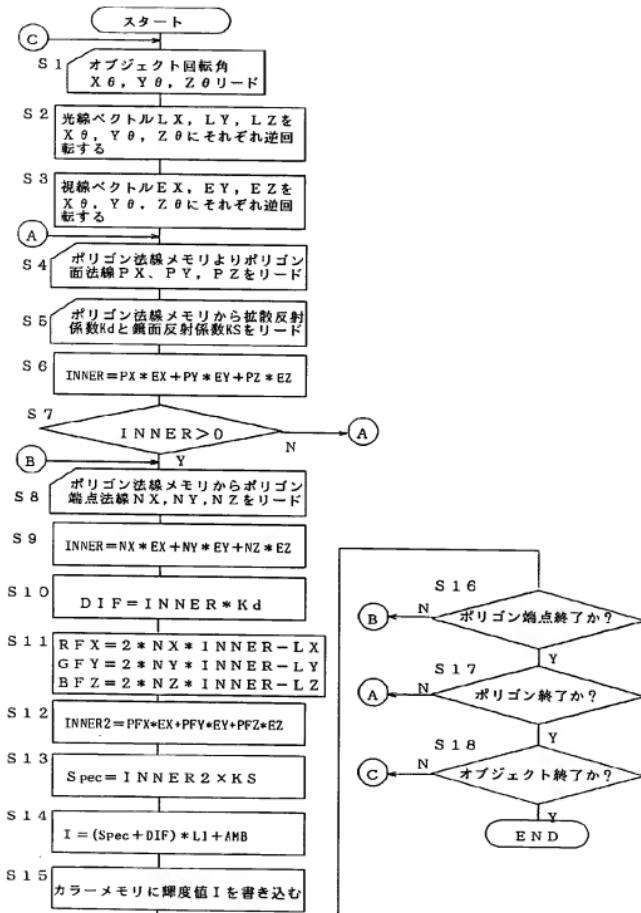


【図8】

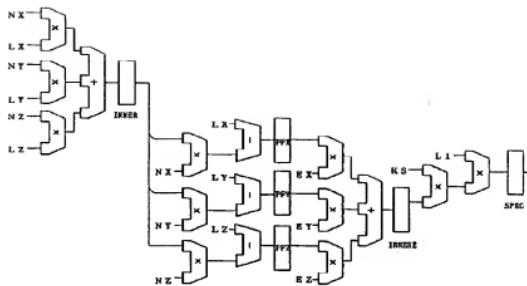


【図11】

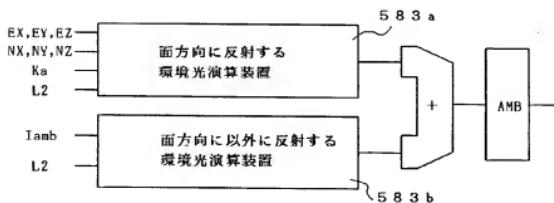
【図6】



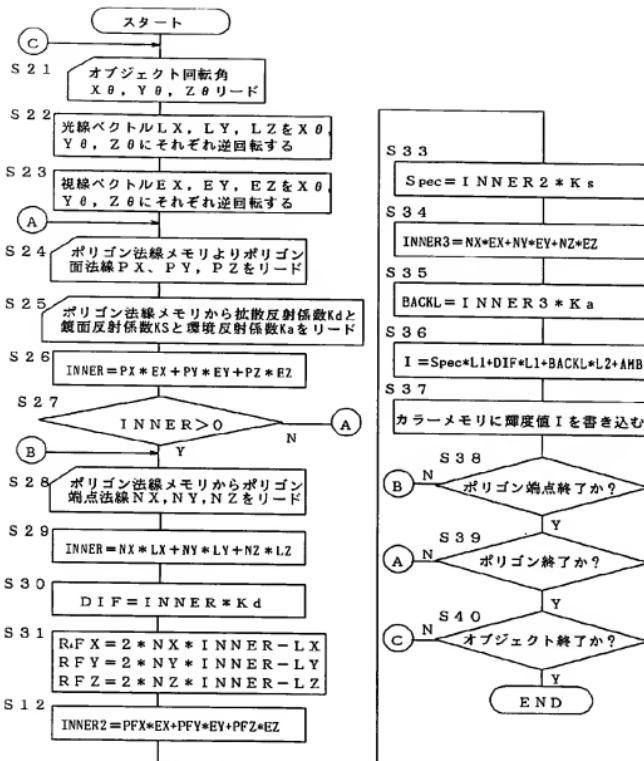
【図9】



【図10】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 中島 達也
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72)発明者 井澤 康浩
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.